Optika (II)

A. PENDAHULUAN

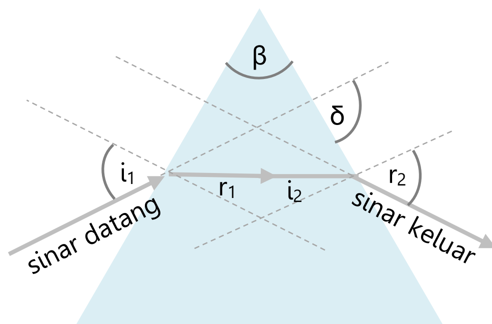
- **Optika fisis** adalah ilmu yang membahas kuantitasi cahaya, yaitu difraksi, interferensi dan polarisasi cahaya.
- **Sifat-sifat cahaya:**
  1) Memiliki cepat rambat 3,0 x 10^8 m/s.
  2) Merupakan gelombang transversal dan elektromagnetik.
  3) Merambat dalam arah lurus.
  4) Arah rambat tidak dapat dipengaruhi medan magnet atau listrik (tidak bermuatan).
  5) Bagian dari spektrum matahari.
- **Satuan panjang gelombang** yang sering digunakan:

  1 Å = 10^{-10} m

  1 nm = 10^{-9} m

B. PEMBIASAN CAHAYA

- **Pembiasan cahaya** adalah proses pembelokan cahaya karena melewati medium yang berbeda kerapatannya.
- **Pembiasan cahaya** pada prisma akan membentuk sudut deviasi yang merupakan perpanjangan sinar datang dengan yang meninggalkan prisma.



- **Sudut deviasi** dapat dihitung:

$$\delta = (i_1 + r_2) - \beta$$

δ = sudut deviasi
i_1 = sudut sinar datang
r_2 = sudut sinar keluar
β = sudut pembias prisma

- **Sudut deviasi minimum** prisma dapat dihitung:

$$\delta_m = 2.i_1 - \beta$$

- **Persamaan indeks bias** pada prisma:

Sudut pembias >15°

$$n_m . \sin\frac{1}{2}(\delta_m + \beta) = n_p . \sin\frac{1}{2}(\beta)$$

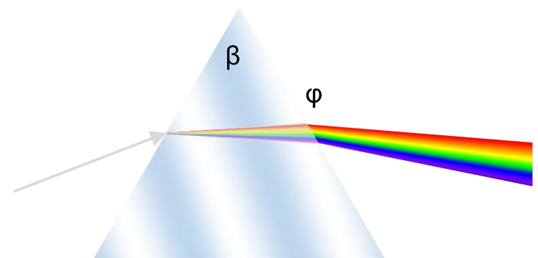
Sudut pembias < 15°

$$\delta_m = \beta\left(\frac{n_p}{n_m} - 1\right)$$

n_m = indeks bias medium
n_p = indeks bias prisma

C. DISPERSI CAHAYA

- **Dispersi cahaya** adalah proses penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik.
- **Dispersi cahaya** pada prisma akan menghasilkan spektrum warna pelangi.



	Sudut deviasi	Indeks bias	Frekuensi	Panjang gelombang
(merah)	kecil	kecil	kecil	besar
(ungu)	besar	besar	besar	kecil

- **Sudut deviasi (δ)** spektrum merah dan ungu dapat dihitung:

$$\delta_m = (n_m - 1)\beta \qquad \delta_u = (n_u - 1)\beta$$

δ = sudut deviasi
n_m = indeks bias merah
n_u = indeks bias ungu
β = sudut pembias prisma

- **Sudut dispersi (φ)** adalah lebar spektrum yang dapat dihitung:

$$\varphi = (n_u - n_m)\beta$$

φ = sudut dispersi

D. WARNA

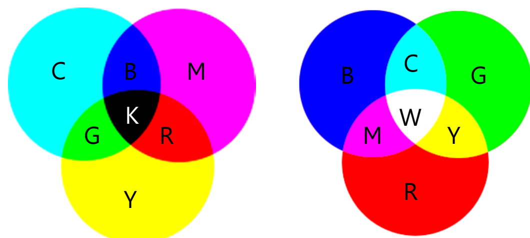
- **Cahaya** terbagi menjadi cahaya polikromatik dan cahaya monokromatik.
- **Cahaya polikromatik** adalah cahaya putih yang terdiri atas banyak frekuensi, sedangkan **cahaya monokromatik** adalah cahaya yang terdiri atas satu frekuensi.
- **Warna benda** muncul akibat benda tersebut memantulkan dan menyerap spektrum warna dari sinar putih.
  1) **Benda berwarna putih** jika semua spektrum warna yang diterimanya dipantulkan.



2) **Benda berwarna hitam** jika semua spektrum warna yang diterimanya diserap.

3) **Benda berwarna x** jika spektrum warna x dipantulkan, dan spektrum warna lain diserap.

- **Pada sistem yang molekulnya bergerak** secara bebas (langit dan air), warna muncul diakibatkan oleh penghamburan spektrum warna.
- **Warna** terdiri dari:

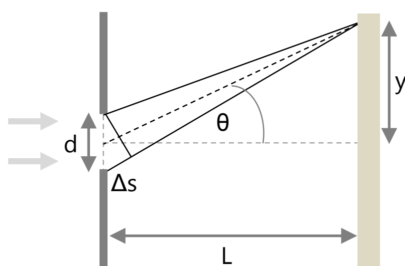


1) **Warna primer**, jika dicampur dapat menghasilkan warna putih, terdiri dari merah, hijau, biru (RGB).

2) **Warna sekunder**, dihasilkan dari percampuran antar warna primer, terdiri dari cyan, magenta, kuning (CMY), dan lain-lain.

E. DIFRAKSI CAHAYA

- **Difraksi cahaya** adalah pelenturan atau penyebaran gelombang cahaya ketika melintasi celah sempit atau ujung penghalang.
- **Difraksi cahaya** akan mengakibatkan interferensi cahaya yang menghasilkan pola terang-gelap.
- **Difraksi pada celah tunggal:**



Persamaan difraksi celah tunggal

$$\Delta s = d.\sin\theta = d\,\frac{y}{L}$$

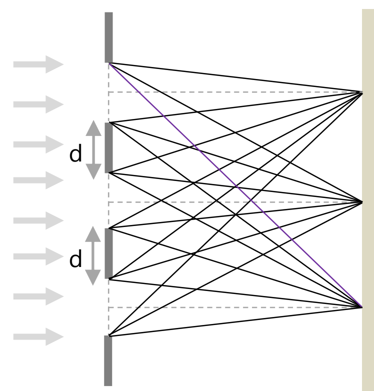
Rumus pola gelap

$$\Delta s = n.\,\lambda$$

Semakin jauh dari pusat terang, pita terang makin sempit, sehingga diabaikan.

Δs = selisih lintasan (m)
θ = sudut deviasi/simpangan
d = lebar celah difraksi (m)
y = jarak dari terang pusat ke pita gelap ke-n (m)
L = jarak celah ke layar (m)
n = pola ke-n (bilangan bulat)

- **Difraksi pada celah banyak** (kisi):



Persamaan difraksi celah banyak

$$\Delta s = d.\sin\theta = d\,\frac{y}{L}$$

Pola terang pada difraksi celah banyak teratur, sedangkan pola gelap tidak.

Rumus pola terang

$$\Delta s = n.\,\lambda$$

Rumus pola gelap

$$\Delta s = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

d = tetapan kisi/jarak antar celah (m)
k = banyak celah

- **Difraksi cahaya** membatasi daya urai atau batas resolusi dan pembesaran alat optik.
- **Daya urai** atau **batas resolusi** adalah jarak pisah terpendek dari dua titik dimana bayangan yang dihasilkan masih dapat terlihat sebagai dua titik terpisah.
- **Sudut resolusi minimum** (Rayleigh) untuk mendapatkan daya urai minimum dapat dirumuskan:

$$\theta_m = 1{,}22\,\frac{\lambda}{D}$$

θ_m = sudut resolusi minimum/ Rayleigh
D = diameter alat optik (m)

- **Daya urai** alat optik dapat dirumuskan:

$$d_m = 1{,}22\,\frac{\lambda.L}{D}$$

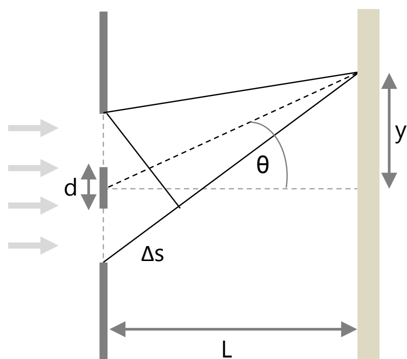
d_m = daya urai alat optik
L = jarak sumber ke pengamat (m)
D = diameter alat optik (m)

F. INTERFERENSI CAHAYA

- **Interferensi cahaya** adalah perpaduan gelombang cahaya koheren yang menghasilkan pola terang-gelap yang merupakan pola interferensi konstruktif-destruktif.
- **Interferensi konstruktif** terjadi pada pola pita terang dan interferensi gelombang sefase.
- **Interferensi destruktif** terjadi pada pola pita gelap dan interferensi gelombang berlawanan fase.



- **Interferensi pada celah ganda** (Thomas Young):



Persamaan interferensi celah ganda

$$\Delta s = d.\sin\theta = d\,\frac{y}{L}$$

Rumus pola terang

$$\Delta s = n.\,\lambda$$

Rumus pola gelap

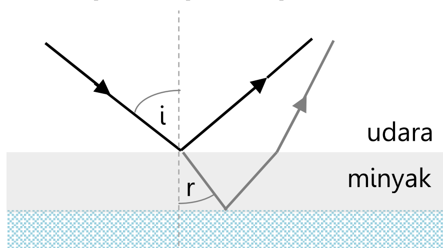
$$\Delta s = (n - \tfrac{1}{2})\,\lambda$$

Δs = selisih lintasan (m)
θ = sudut deviasi/simpangan
d = jarak antar celah (m)
y = jarak dari terang pusat ke pita gelap ke-n (m)
L = jarak celah ke layar (m)
n = pola ke-n (bilangan bulat)

Jarak antar pola

1) **Jarak antara** terang-gelap yang bersebelahan adalah $^1/_2$.
2) **Jarak antara** terang-terang atau gelap-gelap yang bersebelahan adalah 1.

- **Interferensi pada lapisan tipis:**



Persamaan interferensi lapisan tipis

$$\Delta s = 2.n.d.\cos r$$

Rumus pola terang

$$\Delta s = (m - \tfrac{1}{2})\,\lambda$$

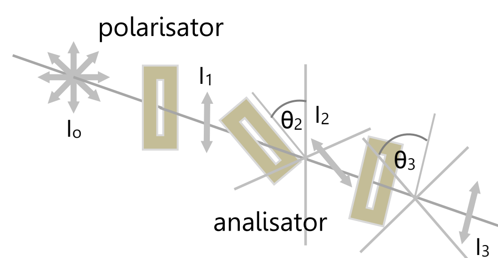
Rumus pola gelap

$$\Delta s = m.\,\lambda$$

n = indeks bias lapisan tipis
d = ketebalan lapisan tipis
r = sudut
m = pola ke-m (bilangan bulat)
λ = panjang gelombang di luar lapisan tipis

G. POLARISASI CAHAYA

- **Polarisasi cahaya** adalah pengkutuban gelombang cahaya, yaitu penyerapan sebagian arah getar gelombang cahaya.
- **Gelombang cahaya** dapat terpolarisasi dengan cara penyerapan, pemantulan, pembiasan ganda, dan hamburan.
- **Polarisasi** dengan cara penyerapan dilakukan menggunakan sebuah celah (polaroid).
- **Polaroid** terdiri dari:
  1) **Polarisator**, mengubah cahaya tak terpolarisasi menjadi terpolarisasi.
  2) **Analisator**, mengurangi intensitas cahaya terpolarisasi.
- **Suatu arah gelombang** akan terserap oleh celah apabila celah tidak sejajar dengan arah polarisasi, dan tidak akan terserap apabila celah sejajar dengan arah polarisasi.
- **Hukum Malus** pada polarisasi cara penyerapan:



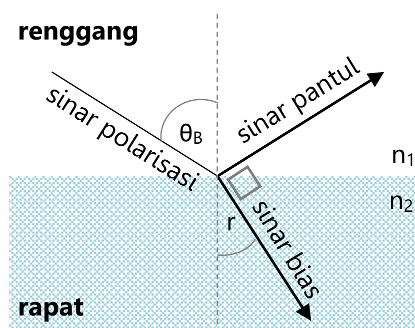
Intensitas cahaya pada polarisator

$$I_1 = \frac{1}{2} I_o$$

Intensitas cahaya pada analisator

$$I_2 = I_1 \cos^2\theta_2 \qquad I_3 = I_2 \cos^2\theta_3$$

- **Polarisasi** akibat pemantulan dan pembiasan terjadi jika sinar pantul dan sinar bias membentuk sudut 90°.
- **Pada kejadian tersebut,** sinar datang disebut sinar polarisasi, dan sudut datang disebut sudut polarisasi (sudut Brewster).



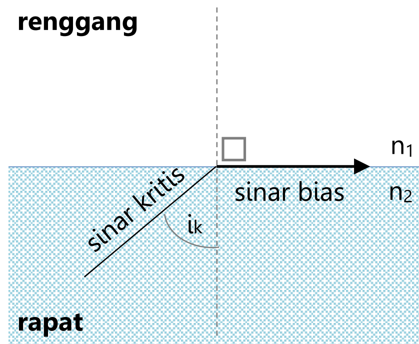
Persamaan sudut Brewster:

$$\tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

θ_B = sudut polarisasi/sudut Brewster
n_2 = indeks bias medium tujuan (rapat)
n_1 = indeks bias medium asal (renggang)



- **Sudut kritis** adalah sudut datang yang membuat sudut bias membentuk 90°.



Persamaan sudut kritis

$$\sin i_k = \frac{n_1}{n_2}$$

ik = sudut kritis
n_1 = indeks bias medium tujuan (renggang)
n_2 = indeks bias medium asal (rapat)

- **Hubungan** sudut polarisasi dengan sudut kritis:

$$\tan\theta_B = \frac{1}{\sin i_k}$$

- **Polarisasi** dengan cara hamburan terjadi pada sistem partikel seperti gas.
- **Cahaya diserap dan dihamburkan** oleh elektron-elektron sistem partikel sehingga menghasilkan cahaya terpolarisasi.